ÉQUIPEMENT DE PROCÉDÉ

FICHE D'INFORMATION TECHNIQUE

Réacteur biologique à support fluidisé SMBR^{MD} avec garnissage Peenox^{MD}, nitrification inter-étangs en eaux froides

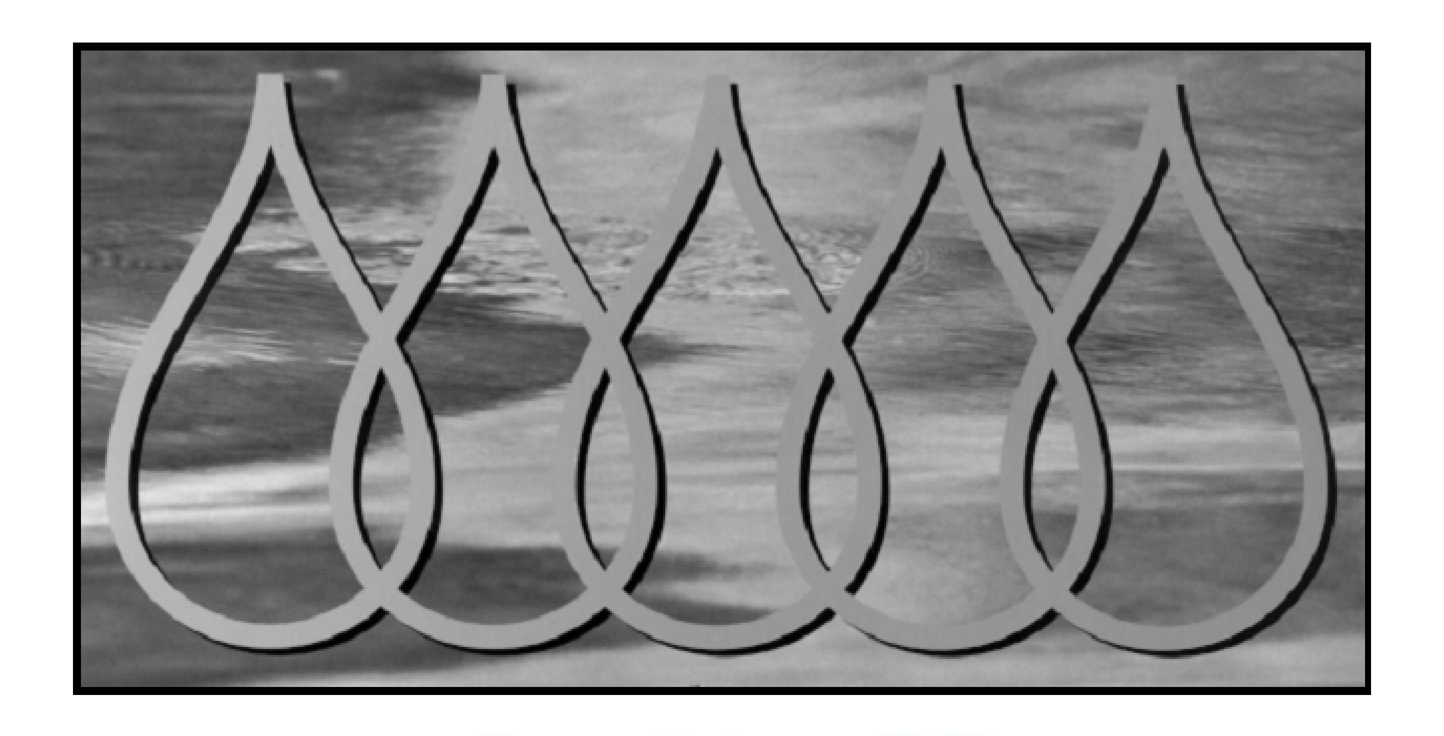
Domaines d'application :

Commercial, institutionnel et communautaire

Fiche de niveau :

En démonstration

Décembre 2013





1. DONNÉES GÉNÉRALES

- **Nom de l'équipement de procédé**

  Réacteur biologique à support fluidisé SMBR^MD avec garnissage Peenox^MD en application de nitrification inter-étangs en eaux froides

- **Cadre juridique régissant l'installation de l'équipement de procédé**

  Chaque installation nécessite une autorisation préalable du ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs en vertu de l'article 32 de la Loi sur la qualité de l'environnement.

- **Nom et coordonnées du fournisseur**

Mabarex inc.
2021, rue Halpern
Montréal (Québec) H4S 1S3
Téléphone : 514 334-6721
Télécopieur : 514 332-1775
François Séguin, ing., M. Ing.
Sylvain Allard, T. P.
Courriel : fseguin@mabarex.com
Courriel : sallard@mabarex.com
Courriel : info@mabarex.com
Site Internet : www.mabarex.com

2. DESCRIPTION DE L'ÉQUIPEMENT DE PROCÉDÉ

- **Généralités**

  Le réacteur biologique à support fluidisé SMBR^MD avec garnissage Peenox^MD est un équipement de procédé de traitement biologique à culture fixée sur un garnissage immergé qui est maintenu en mouvement dans la masse liquide. La biomasse s'accumule sur le garnissage et est mise en contact avec le substrat, les nutriments et l'oxygène dissous grâce à l'agitation de la masse liquide dans les réacteurs. Celle qui se détache du garnissage est évacuée au fil de l'eau.

  Le procédé ne nécessite pas de recirculation des boues. Par conséquent, aucun contrôle particulier du rapport F/M (DBO_5/matières volatiles en suspension) ou de l'âge des boues n'est requis.

  Un système d'aération fournit l'oxygène requis par le traitement biologique, assure le transfert d'oxygène ainsi que le brassage de la phase liquide et du garnissage. Ce brassage favorise le détachement des surplus de biomasse produits au cours du processus de traitement.

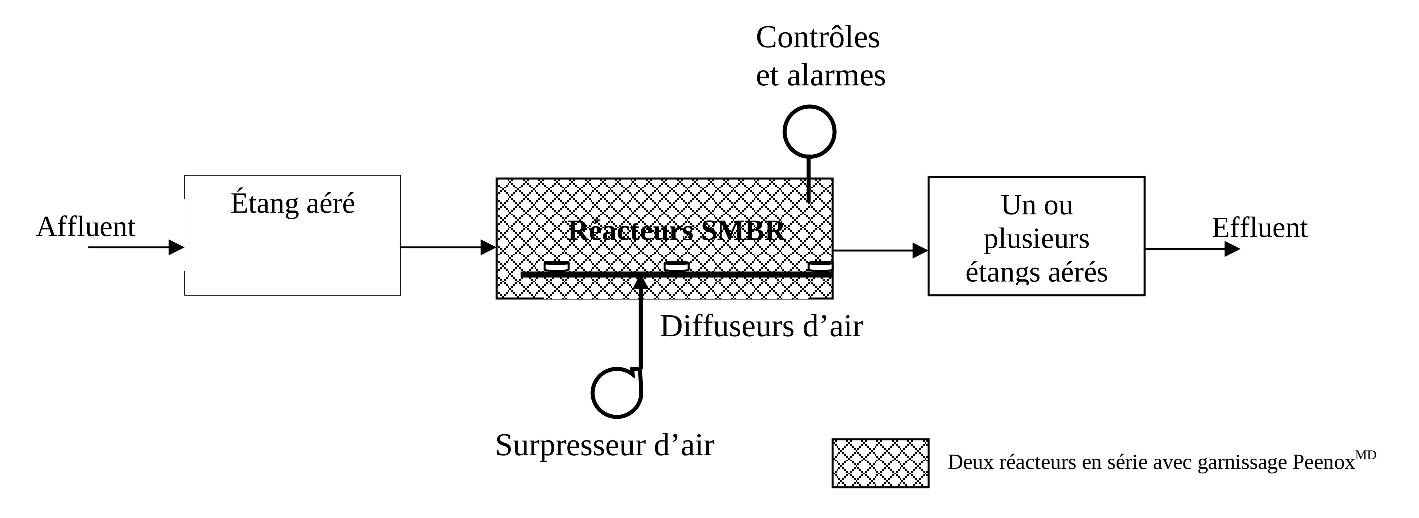
  En application inter-étangs, deux bioréacteurs SMBR sont placés en série entre le premier et le deuxième étang d'une station d'épuration de type étangs aérés. Le but est de permettre la réduction de la pollution carbonée et de l'azote ammoniacal (nitrification).

- **Description détaillée**

Le garnissage Peenox[MD] est en polyéthylène à haute densité extrudé d'une densité nominale de 0,95, avec une forme cylindrique de 23 mm de diamètre et de 17,5 mm de hauteur. Il a une surface volumique effective minimale de 400 m^2 par mètre cube de garnissage.

Des grilles de retenue d'une ouverture de 12,5 mm maintiennent le garnissage dans les réacteurs.

- **Schéma de procédé**



- **Description de l'équipement de procédé évalué au cours des essais expérimentaux**

Site expérimental

La caractérisation de la performance de l'équipement de procédé a été effectuée sur une unité pilote montée sur une plateforme. L'unité pilote était installée à la station d'épuration de Saint-Janvier, à Mirabel. L'effluent du premier étang aéré de la station d'épuration alimentait le pilote, qui était constitué de 2 bioréacteurs SMBR[MD] de 833 litres de volume utile chacun, utilisés en série. Les deux bioréacteurs étaient remplis à 50 % de garnissage Peenox[MD], ce qui donnait une surface effective de 176,6 m^2 par bioréacteur (50 % x 0,833 m^3 x 400 m^2/m^3). Les eaux usées domestiques à faible contribution industrielle étaient acheminées à la station d'épuration de Saint-Janvier par un réseau d'égout municipal. Les essais se sont déroulés sur une période de 13 semaines. Les échantillons ont été prélevés du 18 février au 12 mai 2011. Le but des essais est de démontrer la nitrification en eaux froides pour des applications inter-étangs.

Une pompe à déplacement positif alimentait les deux bioréacteurs à un débit constant. Le temps de rétention hydraulique pour l'ensemble des deux réacteurs était de 3,05 heures à un débit moyen appliqué de 546 L/h ou 91 minutes par bioréacteur.

Des diffuseurs à moyennes bulles produisaient un niveau d'agitation suffisant pour maintenir le garnissage en mouvement. La concentration en oxygène dissous s'est maintenue entre 8,1 et 10,5 mg/L dans le premier bioréacteur et entre 7,6 et 12,6 mg/L dans le deuxième. Le taux d'aération maintenu dans l'installation pilote était 18,0 Nm^3 d'air/h/m^3 de réacteur.

À partir du 14 mars, un refroidisseur a été utilisé pour garder la température d'alimentation en eau du pilote inférieure à 6 ^oC.

Description et taux de charge observés lors des essais expérimentaux

Réacteurs SMBR[MD]

- Nombre de réacteurs en série : deux (au cours des essais pilotes)
- Temps de rétention hydraulique correspondant au débit maintenu lors des essais : 91 minutes par bioréacteur (3,05 heures au total)
- Taux de remplissage par le garnissage Peenox[MD] lors des essais : 50 % du volume pour chaque réacteur
- Charge appliquée lors des essais :
    - Taux de charge organique superficielle moyen : 2,75 g DBO_5C/d par mètre carré de garnissage sur le premier réacteur et 1,38 g DBO_5C/d par mètre carré de garnissage sur les deux réacteurs
    - Taux de charge organique soluble superficielle moyenne : 0,68 g $DBO_5C_{soluble}$/d par mètre carré de garnissage sur le premier réacteur et 0,34 g $DBO_5C_{soluble}$/d par mètre carré de garnissage sur les deux réacteurs
    - Taux de charge superficielle moyen en azote ammoniacal : 1,10 g $N\text{-}NH_4$/d par mètre carré de garnissage sur le premier réacteur et 0,55 g $N\text{-}NH_4$/d par mètre carré de garnissage sur les deux réacteurs
- Aération et mélange :
    - Lors des essais, la capacité des aérateurs était supérieure aux besoins, et la concentration d'oxygène dissous observée se situait en moyenne entre 9,2 et 11,0 mg/L dans les réacteurs 1 et 2 respectivement. Un taux moyen résultant de 22,9 $Nm^3/h/m^2$ a été observé pour l'unité pilote avec un remplissage de 50 % de garnissage.

3. PERFORMANCES ÉPURATOIRES OBTENUES AU COURS DES ESSAIS

Les caractéristiques observées à l'entrée du premier bioréacteur SMBR[MD] sont les suivantes :

Caractéristiques observées à l'entrée du premier bioréacteur[1]

Paramètre	Valeur moyenne	Valeur minimale	Valeur maximale	Écart type
DCO (mg/L)	131	74	224	39
$DCO_{soluble}$ (mg/L)	39	26	52	7,2
DBO_5C (mg/L)	35	15	76	16,4
$DBO_5C_{soluble}$ (mg/L)	8,6	4	17	3,4
MES (mg/L)	61	31	126	22
NTK (mg/L)	23	12,1	39	8,0
$N\text{-}NH_4$ (mg/L)	14,0	8,0	22	3,9
Pt (mg/L)	2,65	1,64	4,2	0,70
Alcalinité (mg-$CaCO_3$/L)	211	154	258	26
Température (^oC)[2]	5,2	3,6	6,9	0,88
Débit (m^3/d)	13,1	11,1	19,0	1,46

1. Données basées sur 31 résultats d'analyse pour l'ensemble des paramètres.
2. Données basées sur les mesures prises entre le 18 février et le 12 mai 2011 à l'entrée du premier bioréacteur.

Dans les conditions d'application décrites à la section 2, les caractéristiques observées à la sortie du premier bioréacteur SMBR[MD] au cours des essais expérimentaux sont les suivantes :

Caractéristiques observées à la sortie du premier bioréacteur[1]

Paramètre	Valeur moyenne	Valeur minimale	Valeur maximale	Écart type
DCO (mg/L)	130	82	226	39
$DCO_{soluble}$ (mg/L)	34	20	49	7,2
DBO_5C (mg/L)	35	18	71	15,3
$DBO_5C_{soluble}$ (mg/L)	5,6	4	10	1,9
MES (mg/L)	73	41	120	22
NTK (mg/L)	13,6	4,6	29,8	7,9
$N\text{-}NH_4$ (mg/L)	5,8	0,70	16,4	5,3
NO_x (mg/L)	10,1	5,2	15,3	2,8
Pt (mg/L)	2,9	1,82	4,5	0,77
Alcalinité (mg-$CaCO_3$/L)	148	88	209	29
Température (^oC)[2]	6,4	4,6	8,3	1,02

1. Données basées sur 31 résultats d'analyse, sauf pour le Pt, où 30 résultats ont été retenus.
2. Données basées sur les mesures prises entre le 18 février et le 12 mai 2011 à la sortie du premier bioréacteur.

Dans les conditions d'application décrites à la section 2, les concentrations obtenues à la sortie du second bioréacteur SMBR[MD] au cours des essais expérimentaux sont les suivantes :

Caractéristiques observées à la sortie du second bioréacteur[1]

Paramètre	Valeur moyenne	Écart type	LRMA[2]	LRMS[3]	LRMP[4]
DCO (mg/L)	116	36	s. o.	s. o.	s. o.
$DCO_{soluble}$ (mg/L)	30	6,4	s. o.	s. o.	s. o.
DBO_5C (mg/L)	32	14,8	s. o.	s. o.	s. o.
$DBO_5C_{soluble}$ (mg/L)[6]	4,7	1,72	5,9	6,5	7,7
MES (mg/L)	70	23	s. o.	s. o.	s. o.
NTK (mg/L)[7]	7,9	4,0	11,6	14,9	18,8
$N\text{-}NH_4$ (mg/L)[6]	0,77	1,16	2,0	2,9	4,4
NO_x (mg/L)	16,3	3,8	s. o.	s. o.	s. o.
Pt (mg/L)	2,85	0,83	s. o.	s. o.	s. o.
Alcalinité (mg-$CaCO_3$/L)	105	24	s. o.	s. o.	s. o.
Température (^oC)[8]	7,3	0,95	s. o.	s. o.	s. o.

1. Données basées sur 31 résultats d'analyse, sauf pour les résultats de NO_x et d'alcalinité, où 30 résultats ont été retenus, et pour le Pt, où 28 résultats ont été retenus.
2. Limite de rejet en moyenne annuelle (LRMA) définie selon un percentile de non-dépassement de 99 % avec un degré de confiance de 95 % pour une moyenne de 12 résultats.
3. Limite de rejet en moyenne saisonnière (LRMS) définie selon un percentile de non-dépassement de 99 % avec un degré de confiance de 95 % pour une moyenne de 6 résultats.
4. Limite de rejet en moyenne périodique (LRMP) définie selon un percentile de non-dépassement de 99 % avec un degré de confiance de 95 % pour une moyenne de 3 résultats.
5. s. o. signifie « sans objet ».

6. Selon une distribution delta log-normale.
7. Selon une distribution log-normale.
8. Données basées sur les mesures prises entre le 27 février et le 15 mai 2008 à la sortie du second bioréacteur.

Le Comité d'évaluation des nouvelles technologies de traitement des eaux usées d'origine domestique (Comité) considère que le calcul des LRMA, LRMS et LRMP n'est valable que pour des conditions d'application similaires à celles qui ont été observées lors des essais. La moyenne et l'écart type indiqués pour les paramètres de suivi à la sortie de l'équipement sont donnés à titre indicatif. Les limites de rejet (LRMA, LRMS et LRMP) constituent une indication de la capacité de l'équipement de procédé à respecter les objectifs de traitement ou les exigences de rejet 99 % du temps avec un degré de confiance de 95 % pour les cas de charge observés lors des essais.

4. EXPLOITATION ET ENTRETIEN

Pour chaque installation, un manuel d'exploitation et d'entretien du système de traitement SMBR^MD^ doit être fourni au maître d'ouvrage. Tous les projets soumis pour autorisation doivent faire référence à ce document. Après la mise en service, l'ingénieur doit fournir, pour l'ensemble de l'ouvrage, un manuel d'exploitation qui inclut le manuel d'installation et d'entretien du système de traitement SMBR^MD^. Les recommandations sur l'utilisation, l'exploitation, l'inspection et l'entretien des équipements qui proviennent de ces manuels et qui visent à obtenir la performance technologique attendue engagent la responsabilité du fournisseur et de l'ingénieur.

La performance attendue des bioréacteurs dépend de l'utilisation, de l'exploitation et de l'entretien des équipements. L'ingénieur concepteur et l'entreprise de fabrication ou de distribution ne peuvent être tenus responsables si le système n'est pas utilisé selon les recommandations formulées dans le manuel du fournisseur et le manuel complémentaire de l'ingénieur.

5. DOMAINES D'APPLICATION

Les conditions observées à l'installation expérimentale correspondaient aux conditions d'essai spécifiées pour les domaines d'application suivants : commercial, institutionnel et communautaire.

6. CLASSE DE PERFORMANCE

Comme l'indique le document intitulé *Procédure de validation de la performance des nouvelles technologies de traitement des eaux usées d'origine domestique* préparé par le Comité, aucune classe de performance n'est établie pour la performance d'un équipement de procédé.

Lorsque cela est applicable, les LRMA, LRMS et LRMP peuvent être comparées aux exigences de rejet édictées par le ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs et par le ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire afin de sélectionner les équipements.

S'il y a lieu, dans le cas de la DBO_5, la DBO_5 particulaire doit être ajoutée à la DBO_5 soluble pour définir la capacité de l'équipement de procédé ou de la chaîne de traitement à respecter une exigence de rejet exprimée en DBO_5 totale.

7. VALIDATION DU SUIVI DE PERFORMANCE

Le Comité a vérifié le rapport d'ingénierie préparé par Mabarex inc. suivant les prescriptions énoncées dans la *Procédure de validation de la performance des nouvelles technologies de traitement des eaux usées d'origine domestique*. Il a jugé que les données obtenues au cours du suivi des essais expérimentaux effectués à la station d'épuration de Saint-Janvier répondent aux critères d'évaluation définis dans les procédures pour la publication d'une fiche d'information technique de niveau « **en démonstration** ».

L'équipement de procédé doit être conçu, installé, exploité et entretenu de manière à respecter les performances épuratoires visées.

Les données contenues dans cette description de performance pourront être révisées, à la hausse ou à la baisse, à la suite de l'obtention d'autres résultats.

La présente fiche d'information technique constitue une description de la performance de l'équipement de procédé sur une plateforme d'essai. Elle ne constitue pas une certification ou une autre forme d'homologation. Le Comité ainsi que le ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire et le ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs ne peuvent être tenus responsables de la contre-performance d'un système de traitement d'eaux usées conçu suivant les renseignements contenus dans cette fiche d'information technique.

L'entreprise demeure responsable de l'information fournie, et les vérifications effectuées par le Comité ne dégagent en rien l'ingénieur concepteur et l'entreprise de fabrication ou de distribution de leurs obligations, garanties et responsabilités.

8. RECOMMANDATIONS DU FOURNISSEUR

Traitement en amont

L'équipement de procédé doit être précédé d'un étang aéré pouvant présenter les caractéristiques décrites dans le premier tableau de la section 3 (caractéristiques observées à l'entrée du premier bioréacteur).

Réacteurs SMBR^{MD}

- Les réacteurs peuvent être enfouis pour répondre aux besoins spécifiques du projet.
- La surface spécifique protégée (disponible pour la croissance du biofilm) de garnissage requise est obtenue à partir de l'équation suivante :

  Surface spécifique totale de garnissage = (charge à l'affluent) x (débit maximal soutenu de conception) / (taux de charge superficielle).
- La surface spécifique protégée à retenir est la plus élevée de celles qui sont obtenues à partir des taux de charge superficiels suivants :
  - Taux de charge organique soluble superficiel (en g $DBO_5C_{soluble}$/d par mètre carré de garnissage)
  - Taux de charge superficielle en azote ammoniacal (en g $N\text{-}NH_4$/d par mètre carré de garnissage

L'ingénieur doit fournir des données en $DBO_5C_{soluble}$ et de $N\text{-}NH_4$ afin d'établir la surface spécifique requise et comparer les résultats présentés dans cette fiche avec les rendements nécessaires pour son projet.

- Taux de remplissage par le garnissage Peenox^{MD} : 50 % du volume de chaque réacteur au cours de l'essai expérimental. Il est possible d'utiliser un pourcentage de remplissage variant de 30 à 70 %. Le volume utile du bioréacteur est obtenu en divisant le volume de garnissage requis par le pourcentage de remplissage sélectionné.
- Taux de charges appliquées lors des essais à débit maximal soutenu :
  - Taux de charge organique soluble superficielle moyenne lors des essais : 0,68 g $DBO_5C_{soluble}$/d par mètre carré de garnissage sur le premier réacteur et 0,34 g $DBO_5C_{soluble}$/d par mètre carré de garnissage sur les deux réacteurs
  - Taux de charge superficielle moyenne en azote ammoniacal de 1,10 g $N\text{-}NH_4$/d par mètre carré de garnissage sur le premier réacteur et de 0,55 g $N\text{-}NH_4$/d par mètre carré de garnissage sur les deux réacteurs
- Aération et mélange :
  - La quantité d'oxygène dissous dans l'eau du réacteur doit être maintenue à une valeur d'au moins 4 mg/L.
  - Le taux d'aération doit être suffisant pour assurer le brassage et un mélange uniforme du garnissage dans le réacteur. Il dépend de la charge à traiter et de la géométrie du système (profondeur d'eau, forme des bassins, type et disposition des rampes d'aération).
- Contrôles et alarmes :
  - Un interrupteur de haut niveau déclenche une alarme dans les réacteurs. Des alarmes sont activées également s'il y a des problèmes de fonctionnement du ou des surpresseurs.
  - Le contrôle de l'oxygène dissous pour l'optimisation de la consommation énergétique est optionnel.
- Température des eaux usées :
  - Lorsque la température des eaux usées est différente de 5 ± 2 °C, Mabarex doit être consultée pour adapter la conception aux besoins spécifiques du projet.

Traitement subséquent

Des étangs aérés sont requis pour l'achèvement du traitement biologique, l'enlèvement du phosphore total (si nécessaire), la désinfection (si nécessaire) et la décantation des matières en suspension.